

# EV TİPİ FOTOTERAPİ VE BİLİRUBİNMETRE CİHAZI

**Kerime Ebrar OKUR, Sena BİLİR, Betül KARAHAN, Esra ÇALIŞ, Sadullah ÖZTÜRK**  
Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü  
34445 Beyoğlu, İstanbul, keokur@gmail.com, senaakku93@gmail.com  
betulkrhnn@gmail.com, essracalis@gmail.com, sozturk@fsm.edu.tr

## Özetçe

Fototerapi; özel ledler veya floresan lambalar ile kurulu bir düzenek olup, yeni doğan sarılığının tedavisinde kullanılan önemli bir yöntemdir. Hastanede tedavi gören bebeklerin, tedavi süresince anneden uzak kalması bir takım biyolojik ve psikolojik olumsuzluklar meydana getirmektedir. Evde Fototerapi ile bu olumsuzlukların önüne geçilmektedir.

Bilirubinmetre, teşhis ve tedavi durumunun tespitinde kullanılan cihazlardır. Bilirubin miktarını ölçen bilirubinmetreler, invazive veya non-invasive yöntemlerle ölçüm yapabilmektedirler. Bilirubin düzeyinin tespiti, tedavinin devam etmesi ya da bitirilmesi için gereklidir ve belirli aralıklarla bilirubin ölçümü yapılır. İnvazive yöntemlerle bilirubin ölçümü yapılırken yenidoğanın enfeksiyon riski vardır, kan alımı bebek için acı vericidir ve bu işlem pratik olmamakla birlikte evde yapılmaya uygun değildir. Bu sorunun önüne geçmek için non-invasive bilirubinmetreler kullanılmaktadır.[1] Işığın absorpsiyonu ve yansımaları prensibine dayanan bu ölçüm ile kan örneğine ihtiyaç duyulmadan hızlı ve pratik bir şekilde ölçüm yapılır.

## 1. Giriş

Yenidoğan sarılığı, yeni doğmuş bebeklerin kanlarındaki bilirubin miktarının artması sonucu görülen bir sarılık çeşididir. Yenidoğan sarılığına neden olan bilirubin, kırmızı kan hücrelerinin yıkılması sonucu oluşan bir atık üründür.[2]. Fototerapi, yenidoğanda serum indirekt bilirubin düzeyini azaltan etkili bir yöntemdir ve bilirubini daha az lipofilik ürünlere çevirerek, bilirubinin vücuttan uzaklaştırılmasını sağlar [3]. Bilirubinin vücuttan atılımı en iyi 450-460nm dalga boyundaki mavi ışıkta gerçekleşmektedir [4]. Yenidoğan, hastanede uygulanan tedavi sırasında yaklaşık 2 gün boyunca mavi ışık altında kalmaktadır, bu esnada anne sütünden uzakta kalmakta ve tedavi sonrasında anne sütüne alışmakta zorluk çekmektedir. Bilirubin düzeyi ortalama 13mg/dl'nin üzerinde olan fakat yoğun fototerapi tedavisi alması gerekmeyen bebeklere evde fototerapi tedavisi uygulayarak, anne ile yenidoğan arasındaki bağ kopartılmadan tedavi yapılabilmektedir[5]. Günümüzde kullanılan

bilirubinmetreler invazive ve non-invasive olabilmektedirler. İnvazive ölçümler için her defasında kan örneği ve bu örneğin laboratuvarında incelenmesi gerekmektedir. Noninvasif ölçüm yapan bilirubinmetreler, kimyasal reaksiyon olmadan ve kan hacmine ihtiyaç duyulmadan ölçüm yapabilmektedir. Bu tip bilirubinmetreler ile yapılan ölçümler hızlıdır. Ayrıca küçük ve hafif olmalarıyla hasta başı test cihazları olarak kullanılabilirler.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Fototerapi Cihazı

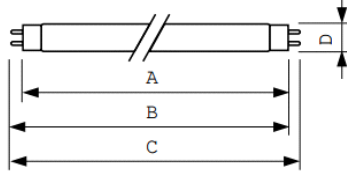
Fototerapi cihazı iki parçadan oluşmaktadır. İlk parça kuvözlere özel üretilmiş sarılık tedavisinde kullanılan floresan lambadır. İkinci parça ise pleksiglass malzemesinden üretilmiş olan fototerapi ünitesidir.

Bilirubin,450-460nm dalga boyları arasındaki mavi ışık ile etkileşime girebilir ve mavi ışığı absorbe edebilir. Sarılık tedavisinde mavi ışık dışında beyaz ya da yeşil ışıkta kullanılabiliyor ancak mavi ışık ile en etkili sonuçlar alındığından genellikle bu ışık tercih edilmiştir[4].

Hastanelerde hem led hem de floresan fototerapi cihazları kullanılmaktadır. Floresan, spot ışık veya biliblanketler 5mW/cm<sup>2</sup>'den fazla enerji sağlamalıdır[4]. Bir adet led lambanın ışık yoğunluğu, bir adet floresana göre daha düşüktür. Bu nedenle bir cihazda tek floresanla sağlanan ışık yoğunluğu, yüzlerce led kullanılarak sağlanmıştır. Fototerapi cihazında Philips tl-d 18w/52 adlı kuvöz floresan lambası kullanılmıştır:

- Yenidoğan sarılık tedavisine uygun, özel bir floresan çeşididir.
- 400-500nm bant genişliğine sahiptir, mavi ışık verir.
- Kısa dalga olan UVB dalga radyasyonu yoktur, yenidoğana zarar vermez.
- Uygulama Alanı: Medikal Terapi
- Power (Rated) (Nom) :18 W
- Lamp Current (Nom) :0.36 A
- Voltage (Nom) :59 V
- Luminous Flux (Nom) 395 lm

•Faydalı Ömrü (Nom) :2000 saat [6]



Product	D	A	B	B	C
TL-D 18W/52	28 mm	589.8 mm	596.9 mm	594.5 mm	604 mm

Şekil 1. Floresan lambanın boyutsal çizimi ve özellikleri[6]

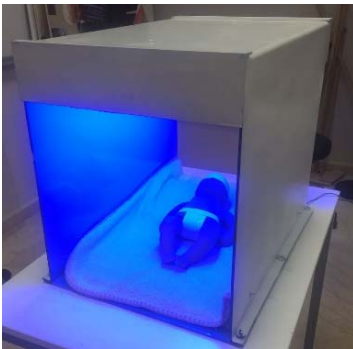
Fototerapi ünitesi, yenidoğanı rahatça yerleştirebilmek ve üretim kolaylığı açısından, dikdörtgen prizmaya benzer bir tünel şeklinde tasarlanmıştır. Ayrıca cihazın taşınabilirliği ve kolay temin edilebilmesi için plegsiglass malzemesi tercih edilmiştir.

Işık kaynağı ile yenidoğan arasında, yenidoğanın ışıktan zarar görmemesi için 30-40 cm arasında bir mesafenin bulunması gerekmiştir[3]. Yenidoğanın bulunduğu kısım da düşünülerek, fototerapi ünitesinin yüksekliği 46cm alınmıştır. Ünitenin tünel uzunluğu normal bir yenidoğan boyunun 48-52 cm arasında olmasından dolayı, 60 cm alınmıştır[7]. Genişliği ise yenidoğan cihaz içerisinde hareket ettiğinde zarar görmemesi için 40 cm alınmıştır.

Fototerapi ünitesinin iç kısmı mavi ışığı absorbe etmemesi, yansıtması için mavi bir jelatin ile kaplanmıştır. Fototerapi ünitesinin dış kısmı ilk olarak ışığın içeriden dışarıya geçmemesi için siyah sprej boya ile boyanmıştır. Daha sonra ise cihaz görünümü sağlaması için beyaz sprej boya ile boyanmıştır.

Ünite, dik durabilmesi için 4 mm'lik plegsiglass ile tasarlanmıştır. Ancak cihazda hafif esnemeler gerçekleşmiştir. Bu esnemeleri engellemek için açılı ayraç monte edilmiştir.

Floresan yuvası, adaptörü ile birlikte cihazın üst kısmına ortalanarak monte edilmiştir. Böylece ışığın yenidoğan yüzeyine eşit bir şekilde dağılması sağlanmıştır. Ayrıca floresan yuvasının bulunduğu bu kısım kötü bir görüntü oluşmaması için plegsiglass ile kapatılmıştır.



Şekil 2. Fototerapi ünitesi

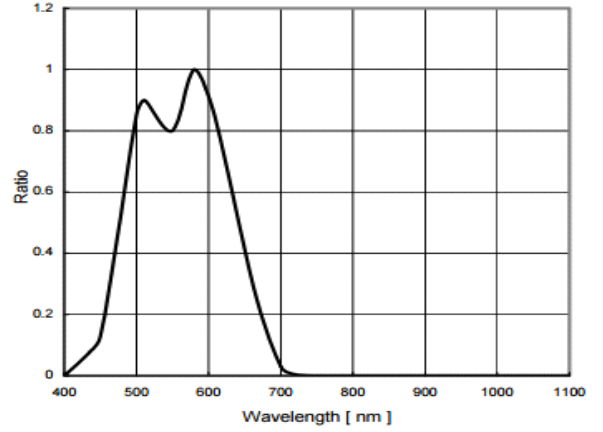
## 2.2. Bilirubinmetre Cihazı

Bilirubinmetre cihazı dört parçadan oluşmaktadır:

- BH-1750 ışık yoğunluk sensörü
- Arduino nano
- LCD ekran(8x2)
- Led başlığı

### 2.2.1. BH-1750 Işık Yoğunluk Sensörü

Bilirubinmetre yapımında kullanılacak ışık yoğunluğu sensörü seçilirken öncelikle bu ışık yoğunluğu sensörlerinin spektral cevabına ve hangi dalga boyundaki ışıkları algıladıklarına bakılmıştır. BH-1750 ışık yoğunluğu sensörü, çalışılan aralıktaki dalga boylarına cevap verdiği için ve daha sonrasında kullanılacak olan Arduino ile uyumlu olması dolayısıyla tercih edilmiştir.



Şekil 3. BH1750 ışık yoğunluk sensörü ve çalışma aralığı [9]

BH-1750 ışık yoğunluğu sensörü:

- 400-700nm aralığında çalışır.
- Arduino ile uyumludur.
- Besleme voltajı en fazla 3.6 V'dir. Arduino üzerinden 3.3V ile beslenebilir.
- Işık algılama aralığı 1 - 65535 lx'tür.
- Hassastır ve yüksek çözünürlüğe sahiptir.
- Düşük ölçüm hatasına sahiptir (+/- 20%).
- 50Hz / 60Hz'lik gürültüyü yok edebilir.
- I<sup>2</sup>C arayüzüne sahip.
- Ölçüm yapması için harici elemanlara ihtiyaç duymaz.
- Basit dijital çıkış sağlar.
- Kızılötesi etkisi çok küçüktür.
- Boyutları küçüktür (13.9mm x 18.5mm) [8].

## 2.2.2. Arduino Nano

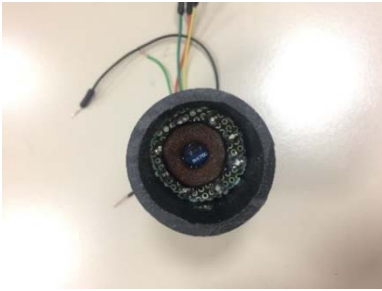
Boyutları küçük olması sebebiyle sensör verilerini alıp işlemek ve okuyabilmek için Arduino Nano tercih edilmiştir. Arduino Nano içerisine gerekli kod gömüldü ve ölçüm alınması sağlanmıştır.

## 2.2.3. LCD Ekran

Bilgisayar bağlantısı ortadan kaldırılarak değerler bir LCD ekrana yansıtılmış ve buradan okunmuştur. 2 satır 8 sütunu bulunan (8x2) boyutlarında LCD ekran kullanılmıştır.

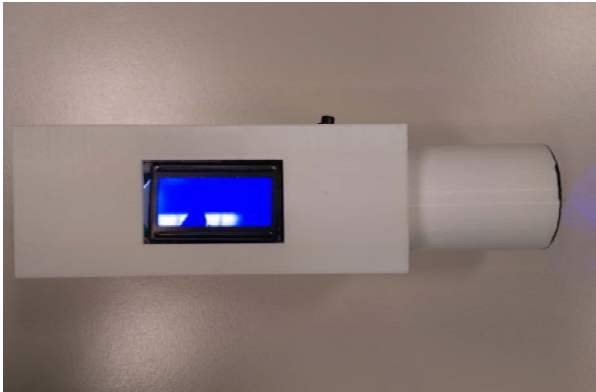
## 2.2.4. Led Başlığı

Bilirubin ölçümü yapılırken, vücuda mavi ışık gönderilmiş ve geri yansıyan ışık miktarı ölçülmüştür. Vücuda ışık gönderebilmek ve yansıyan ışık miktarını ölçebilmek için led başlığı oluşturulmuştur. İlk olarak mavi ledler birbirine lehimlenmiş ve sensörün etrafına yerleştirilmiştir. Sonrasında sensörün, gönderilen mavi ışıktan etkilenmemesi için ufak bir köpük yardımıyla etrafı kapatılmış, sadece geri yansıyan mavi ışıktan etkilenmesi sağlanmıştır. Yapılan bu parça, ufak bir borunun içine yerleştirilmiştir. Böylece ışığın dış ortama geçmesi engellenmiş ve bir cihaz görünümü elde edilmeye çalışılmıştır.



Şekil 4. Bilirubinmetre'nin led sensör ilişkisi

Son olarak bilirubinmetre cihazının dış çerçevesi, 3D Printer ile basılmıştır ve parçalar bu çerçevenin içine yerleştirilmiştir.



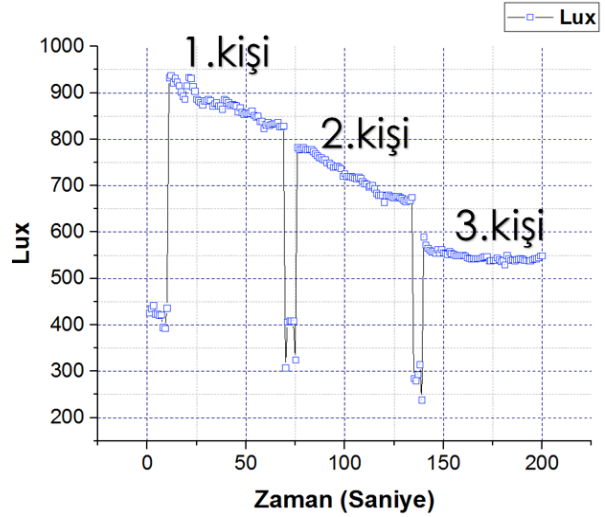
Şekil 5. Geliştirilen prototip bilirubinmetre cihazı

## 3. Veri Alma ve Görüntüleme

Verileri alıp görüntülemek için bilgisayardan, Arduino Nano'dan ve Arduino programından faydalanılmıştır.

Arduino nano ile bilgisayar bağlantısı gerçekleştirildikten sonra, Arduino programına gerekli kodlar yazılmış ve Arduino Nanoya gömülmüştür. Cihaz çalıştırıldıktan 1 dakika sonra, ölçüm alınacak kişinin alnından ölçüm alınmaya başlanmıştır.

Bu şekilde ölçüm alınmıştır. Ardından ikinci ölçüm alınacak kişinin alnından ölçüm alınmıştır. Bu halde 3 kişiden ölçüm alınmıştır. Ölçümden elde edilen değerler kaydedilerek Origin programı yardımıyla bir grafik elde edilmiştir. Bu grafik yardımıyla ölçüm alınan kişiler arasındaki verisel farklar gözlemlenmiştir.



Şekil 6. Sensör veri grafiği

Ölçüm alınırken sürekli bir değer okumak yerine ortalama bir değer okumak amaçlanmış ve bunun için 10 tane verinin ortalamasını alan bir kod eklenmiştir. Ardından bilgisayarı aradan çıkarabilmek için, verilerin görüntüleneceği bir LCD ekran eklenmiştir. Böylece bilgisayar yardımı olmadan, 10 verinin ortalamasını ekranda gösteren bir cihaz elde edilmiştir.

## 4. Sonuçlar ve Değerlendirme

Bu çalışmada, yenidoğan sarılığı tedavisinin hem ev ortamında yapılabilmesi hem de bilirubin seviyesinin non-invasive olarak kısa sürede ölçülebilmesi adına işlemler gerçekleştirilmiştir. Bebeğin alnından bilirubinmetre ile yapılan bilirubin seviyesi ölçüm sonucu cihaz üzerinde yer alan LCD ekrana yazdırılmıştır. Bu sayede bebeğin kanındaki bilirubin seviyesi ortalama değer üzerinde veya altında olması durumunda fototerapi tedavisinin devamına ya da bitimine karar verilmesi desteklenmiştir. Evde fototerapi ile günümüzde yenidoğan bebeklerde sarılık olma oranının hayli fazla olması sonucu hastanelerde bulunan tedavi kapasitesi yetersizliğinin önüne geçilmiştir. Yenidoğan bebeğin hastane yerine evinde tedavi görebilmesi sağlanmıştır. Ayrıca bu sistem sayesinde bebekler gelişimin ve sağlam bir bağışıklık sisteminin temeli olan anne sütünden mahrum kalmamış olup, hastane ortamındaki olası mikrobik rahatsızlıklardan uzak tutulmuştur. Anne ile bebek arasındaki bağın kopmaması ile de oluşabilecek psikolojik hastalıkların önüne geçilmesi sağlanmıştır.

## KAYNAKLAR

- [1]Zuhair Omran Easa, Transcutaneous Bilirubin Testing: A Screening Tool for Jaundiced Term and Near- Term Neonates, 2013.
- [2] İ. Tan, Hastanemiz Yenidoğan Ünitesinde İndirekt Hiperbilirubinemi Nedeniyle Yatan Gebelik Haftası 35 ve Üzerinde Olan Yenidoğan Bebeklerin Klinik Laboratuvar Verileri ve Etiyolojik Faktörleri Açısından Değerlendirilmesi,2009.
- [3]Dr. G. Vardar Tuncel, Yenidoğanda Fototerapinin IL-6 ve IL-8 Düzeyine Etkisi, (2004)
- [4]M.Cetinkaya, N.Köksal, H.Ozkan, Yenidogan sarılıklarında tedavi yaklaşımı, Güncel Pediatri, 3 (2006),118-123.
- [5] A.Yılmaz, S.Ozkiraz, A.B.Akcan, M.Canpolat, Low-cost Home-use Light-emitting-diode Phototherapy as an alternative to Conventional Methods,2015.
- [6] Medical Therapy Jaundice TL/TL-D, TL-D 18W/52,2017.
- [7]BAKIMI, Ağız. Temel Yenidoğan Bakımı,TC. Sağlık Bakanlığı, 2015, 18
- [8] Digital 16bit Serial Output Type Ambient Light Sensor IC, BH1750FVI, 2011.